



ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em Geologia Marinha

**Estudo da Influência da Salinidade na Velocidade de Sedimentação de
Partículas Finas (Silte e Argila) na Coluna de água**



Autor

Edson Carlos Muianga



**UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E**

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

**Monografia para Obtenção do Grau de Licenciatura em
Geologia Marinha**

**Estudo da Influência da Salinidade na Velocidade de Sedimentação de
Partículas Finas (Silte e Argila) na Coluna de água**

Autor:

Edson Carlos Muianga

Supervisor:

Msc: Noca B. Furaca da Silva

Quelimane, Março de 2018

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha mãe Glória Laura Penicela, meus irmãos (Clara Glória & Elias da Silva) e aos meus avós (Laura Eduardo Whate , Cardial Penicela) que sempre estiveram presente ao meu lado, por me dar muito carinho e um grande esforço e motivação para que não pudesse desistir desta longa caminhada dos estudos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus por ter-me dado a vida até o dia de hoje e por ter iluminado todos meus caminhos mais difíceis para que possa passar os obstáculos da vida académica. Aos meus pais Carlos Francisco Muianga (em memória) e Glória Laura Penicela por ter-me colocado neste mundo, e pela luta para que tenha uma educação digna. Agradeço meus avôs especialmente a Laura Eduardo Whate, Cardial Penicela, Francisco Muianga, e Crestina Muianga, pela motivação do quanto a educação é tão importante para minha vida. Aos meus queridos irmãos (Elias da Silva e Clara Glória) e aos meus primos (Rocha Anibal, Emerson Cossa, Leu, Pedido, Cardial, Guidol) por serem muito humildes comigo. Aos meus tios especialmente ao Silva Dimande, Emília Penicela, Fernando Penicela, Amélia Penicela (em memória) pelos ensinamentos e por me ajudarem a vencer as barreiras da vida.

Agradeço ao meu orientador Dr. Noca Furaca por ter aceitado supervisionar este trabalho, pela sua grande contribuição, pela paciência que teve, pelas grandes ideias que ele fez questão de me apresentar ao longo do trabalho, mesmo tendo muitos afazeres sempre disponibilizou tempo para mim, por isso o meu muito obrigado.

Ao corpo Docentes da Escola Superior de Ciências Marinha e Costeiras pela dedicação de transmitir um novo conhecimento científicos, da área marinha e por esse conhecimento deixei de olhar o mar como homogêneo, em especial à Dr^a.Valera Dias, dr Cesar, dr Carlota, pelos ensinamentos, orientações, criatividade e paciência no apoio e no desenvolvimento do trabalho e Sr. Leonel técnico do laboratório de sedimentologia, pela força, paciência, sugestões para que pudesse continuar o trabalho por ser difícil de processar os dados.

Aos meus amigos, Emílio Matias, Paulino, Ana Da Gloria, Steio, Inacio, Frede, Claudio, Robson, Helton, Agosto, Emerson, Darçio, Inocência Cadeado, Nicolau, Gemina, Apolinaria, Osvaldo, Aléno, Justino Chipanga, Castigo, Mira Carlos pelos momentos difícil e de alegria que passamos juntos durante o ensino médio.

Pela grande oportunidade de ter conhecido a cidade de Quelimane onde tive a oportunidade de vivenciar uma cultura excepcional (carnaval). Pela tia Suzana por ter-me recebido e por ter mi tratado como um filho nos dia que vivido com ela.

Aos meus colegas, Jose Xieo, Paulo Nota, Mércia João, Cecílio Matsumane, Jose Nhacudima, Fernando da Sandra, Alberto Sibie, Erasnes Francisco, Fernando Niquice, Nilton Nhantumbo, Zunchany Matola, Norton Cossa, , Sebastiao Mariquele, Camacho Melo, Balbina Siteo, por ter convivedo comigo durante o curso e o meu muito obrigado por participarem na minha vida.

DECLARAÇÃO

Eu, Edson Muianga, declaro por minha honra que esta monografia intitulada Estudo da Influência da salinidade na velocidade de grão de sedimentação (silte e argila) é resultado do meu próprio trabalho e está a ser submetida para a obtenção do grau de Licenciatura em Geologia marinha na Universidade Eduardo Mondlane, ESCMC – Quelimane.

Resumo

Este estudo, conduziu-se na perspectiva de entender o efeito da salinidade na sedimentação e transporte vertical dos sedimentos na coluna de água. Os sedimentos coesos dividem-se em diferentes tamanho em que a velocidade de sedimentação de cada partícula variam devido densidade na coluna água, e para a diferença no nível de salinidade podem comporta-se com uma velocidade de sedimentação por vários factores químicos, desde modo houve necessidade de compreender de como que a o nível de salinidade influenciam a sedimentação de cada tamanho. Para tal, usou-se quatro provetas de corpos de água com nível de salinidade diferente que continha uma quantidade de sedimentos coesos de tamanho (0,05mm a 0,002mm) para determinar o tempo de sedimentação em cada proveta. Para cada diâmetro depositado em diferente nível de salinidade foi estimar a velocidade de sedimentação cada diâmetro através dos resultados obtidos pela lei de Stoke e a quantidade de sedimentos em sedimentação. O método de pipetagem foi possível colher o cada tamanho de sedimentos coesos de em diferentes níveis de salinidade para estimar a velocidade de sedimentação comparativamente a quantidade de sedimentos de cada tamanho. Com o aumento de nível de salinidade observou-se que, a velocidade de sedimentação dos tamanhos das partículas era maior devido as cargas electropositivas entre os sais e os sedimentos coesos, em que essas partículas são neutralizadas para o fundo e conseguem vencer a densidade do fluido.

Palavra chave: velocidade de Sedimentação, Salinidade.

Abstract

This study was conducted to understand the effect of salinity on sedimentation and vertical transport of sediments in the water column. The cohesive sediments are divided in different size in which the sedimentation velocity of each particle vary, due to the level of salinity can behave with a settling velocity by several chemical factors, since there is a need to understand how at the level of salinity influence the sedimentation of each size. For this purpose, four different water bodies with different salinity levels were used which contained a quantity of cohesive sediments of size (0.05mm to 0.002mm) to determine the sedimentation time in each beaker. For each diameter deposited at different salinity levels it was estimated the sedimentation velocity of each diameter through the results obtained by Stoke's Law and the amount of sediment in sedimentation. The pipetting method was able to collect each size of cohesive sediments at different salinity levels to estimate sedimentation velocity compared to the amount of sediment of each size. With the increase in salinity level it was observed that the sedimentation velocity of the particle sizes was higher due to the electropositive charges between the salts and the cohesive sediments, where these particles are neutralized to the bottom and can overcome the density of the fluid.

Key – words:, Vehicularity of sedimentation , salinity

Lista de abreviaturas

d → Diâmetro

h → Altura

t → Tempo

k → Constante de aceleração

v → Velocidade da queda

G → Gravidade

μ → Viscosidade de fluido

ρ_s → Densidade das partículas

ρ_f → Densidade de fluido

P_t → Peso total de sedimentos sem a matéria orgânica;

p_f → Peso de sedimentos com a matéria orgânica;

P_i → Peso da matéria orgânica.

P_{pts} → nível de salinidade

g → Grama

s → Segundo

mm → Milímetro

$\%$ → Porcentagem

Lista de figura

Figura 1. Granulometria dos sedimentos. Fonte: Ramos (2013).....	3
Figura 2. Coluna de sedimentação em diferentes níveis de salinidade: A (antes da sedimentação); B(após da sedimentação).....	8
Figura 3. Variação da velocidade em função do nível da salinidade.....	12
Figura 4. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.05mm.....	12
Figura 5. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.036mm.....	13
Figura 6. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.016mm.....	13
Figura 7. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.008mm.....	14
Figura 8. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.002mm.....	14

Lista de tabela

Tabela 1. Para determinação da profundidade das amostras colhida com a pipetagem na coluna de água e sua respectiva temperatura.....	9
Tabela 2. Ilustra valores de matéria orgânica eliminada, e areia fina para que não influencie na sedimentação de argila e silte.	11
Tabela 3. Ilustra valores de sedimentos (silte e argila) em diferentes níveis de salinidade no tempo total depositado.	11
Tabela 4. Comparação de velocidade de sedimentação feita por lei de Stock (0,008mm), Ramos (2013), e resultado obtido no laboratório(0,008mm).....	15

Índice	Páginas
I. Introdução e Objectivos	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objectivos.....	2
II. Revisão de literatura	3
2.1. Propriedade dos sedimentos e seus constituintes.....	3
2.2. Comportamento físico e químico dos sedimentos na água salgada	4
2.3. Efeito da salinidade na deposição de sedimentos	4
2.4. Velocidade de sedimentação	5
2.5. Lei de Stoke	5
III. Metodologia.....	5
3.1. Materiais usados	5
3.2. Colecta e análise de dados.....	6
3.3. Retirada de matéria orgânica e carbonatos.....	6
3.4. Granulômetria	6
3.5. Diferença de nível de salinidade	7
3.6. Ensaio da sedimentação	7
3.7. O método de pipetagem.....	8
3.8. Retirada do sal nas cápsulas	9
3.9. Velocidade de sedimentação.....	9
IV. Resultados.....	11
V. Discussão.....	15
VI. Considerações finais	17
VII. Recomendações	18
VIII. Referência bibliográfica.....	19

I. Introdução e Objectivos

1.1.Introdução

Os sedimentos coesos, pela definição sedimentológica são fracções que apresentam granulométrica inferior ao limite inferior de $64\mu\text{m}$ e, que tem predisposição ao surgimento de forças de natureza físico-químicas que muitas vezes superam o próprio peso individual das partículas(Mazuque & Ramos, 2009). Podem ser encontrados no ambiente estuarino e são conhecidos por lodo. Este tipo de sedimento tem maior concentração de matéria orgânica por ser um ambiente de muita produtividade, caracterizam-se como uma mistura de fracções de sedimentos finos (argila e silte), areia fina e com uma quantidade de carbonatos marinhos(Custodio, 2016).

A salinidade decresce com o aumento das descargas fluviais e cresce na enchente das marés, pois as descargas fluviais influenciam na redução de cargas neutras no estuário, devido as forças de repulsão ou por ter maiores cargas negativas, fazendo com que os sedimentos fiquem em suspensão enquanto a água salgada influencia na redução de sedimentos por ser capaz de neutralizar iões que os sedimentos contém (Ribeiro, 2014). Tem maior impacto em relação a temperatura na variação da densidade da água, no cálculo da velocidade de queda, o impacto da temperatura na viscosidade, é mais relevante que a salinidade(Costa, 2011), a velocidade de queda aumenta com o diâmetro das partículas.

O cálculo da velocidade de sedimentação em diferentes níveis de salinidade feita pela lei de Stokes foi utilizado o diâmetro das partículas, no qual considerou se apenas o comportamento físico, presente na interacção de densidade do fluido (Dessouky & Ettouney, 2002). E para os cálculos da velocidade de sedimentação utilizou-se a concentração das partículas onde foi considerado o comportamento químico presente na interacção entre os iões dos minerais argilosos e os iões de sódio, e o comportamento biológico, devido à elevada quantidade de matéria orgânica (Ramos,2013).

Os sedimentos finos encontrados em suspensão criam camadas muito maiores na superfície da água, o que vai causar dificuldade da penetração da radiação solar e dos processos biogeoquímicos devido aos diversos parâmetros que actuam na coluna de água e, em que a salinidade constitui uns dos parâmetros pouco conhecidos na comunidade científica, apesar de, os sais terem a capacidade de aumentar ou diminuir a densidade da água.

Hoje em dia, verifica-se uma escassez de informações sobre a contribuição da salinidade na deposição de sedimento, o que torna difícil abordar sobre este parâmetro na sedimentação em níveis diferentes, devido à escassez de trabalhos relacionados ao tema.

Esta pesquisa será importante na compressão da deposição de sedimentos finos em diferentes níveis de salinidade de água, isto é, saber como os sedimentos coesos comportam-se na sua velocidade de sedimentação em níveis de salinidade. Considerando que há uma necessidade de fazer-se o estudo dos graus de sedimentação de cada tamanho no comportamento químico relacionando com o comportamento físico, excluindo a quantidade da matéria orgânica de modo que as partículas não se agregam para não influenciam bruscamente na velocidade de queda, também irá contribuir na comunidade científica a compreender de quando a salinidade influencia na sua deposição de sedimentos finos na coluna de água.

1.2.Objectivos

1.2.1. Geral

- Estudar a influência de salinidade na velocidade de sedimentação de partículas finas (silte e argila) no corpo de água.

1.2.2. Especificos

- Quantificar os grãos sedimentos (silte e argila) depositados no intervalo do tempo em diferentes níveis de salinidade;
- Determinar a velocidade de sedimentação em diferentes níveis de salinidade;
- Relacionar a velocidade de sedimentação e a quantidade de sedimentos depositados.

II. Revisão de literatura

2.1. Propriedade dos sedimentos e seus constituintes

Os Sedimentos são partículas sólidas que através de um processo físico ou químico desprendem-se das rochas, e ao interagir com agentes dinâmicos externos transportam-se ou depositam-se. Estes sedimentos podem ser transportados e depositados sob efeito do escoamento das águas, do ventos, e das geleiras (Marcelino & Luciano, 2009). Os sedimentos grosseiros são aqueles que o seu diâmetro é superior a 63µm e sedimentos finos as partículas são inferiores a 63µm. Os sedimentos finos, podem dividir-se em silte grosso (20 a 63 µm), silte médio (6 a 20 µm), silte fino (2 a 6 µm) e argilas (<2 µm) Costa (2011), assim como apresenta a figura 1.

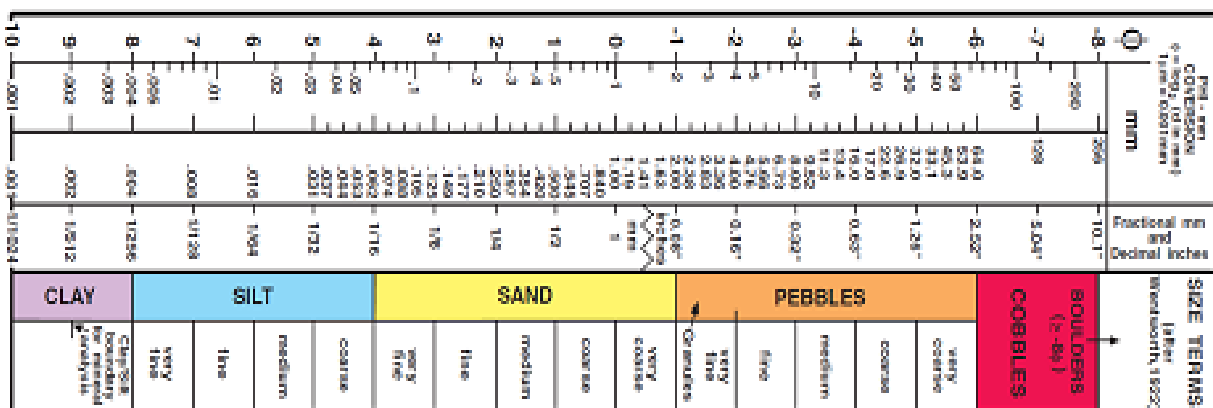


Figura 1. Granulometria dos sedimentos. Fonte: Ramos (2013)

Silte é um tipo de sedimento que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade, baixa resistência quando seco ao ar. Suas propriedades dominantes são devidas à parte constituída pela fracção silte que é formado por partículas com diâmetros compreendidos entre 0,002 mm e 0,06 mm (Portela & Reis, 2001) e por serem tão pequenas que não são visíveis à olho nu.

Argila é um tipo de sedimento de granulação fina constituída por partículas com dimensões menores que 0,002 mm e tem a capacidade de troca catiões entre moderada a alta, isso, em função da sua carga superficial negativa. Apresentam características marcantes de plasticidade; quando suficientemente húmido, molda-se facilmente em diferentes formas, quando seco, apresenta coesão suficiente para construir torrões dificilmente desagregáveis por pressão dos dedos (Portela & Reis, 2001).

A elevada capacidade de troca catiónica e carga superficial são devidas a substituições isomorfas de íons na rede cristalina e ao rompimento de ligações em suas estruturas químicas (Gibbs 1977).

As partículas coloidais constituem a camada iónica interior, formando em essência um imenso anião, cujas superfícies possuem carga negativa poderosa. A camada iónica exterior é formada por um enxame de catiões frouxamente retidos, que são atraídos para as superfícies com carga negativa. (Erico & Perehouskei, 2003)

Associada à camada de catiões que invadem as superfícies absorvidas das partículas de argila, existe uma grande quantidade de moléculas de água. Parte destas moléculas de água é carregada pelos catiões absorvidos, hidratados, na sua maioria. (Erico & Perehouskei, 2003)

2.2. Comportamento físico e químico dos sedimentos na água salgada

Na água doce predominam as forças de repulsão, pois há poucos iões positivos, enquanto que na água salgada encontram-se presentes iões electropositivos fortes devido a maior quantidade do cloreto de sódio, causando um aumento da densidade e as electrolíticas tornam-se mais forte (Rijn,1993).

As partículas finas ficam suspensas na coluna de água por causa de alguns paramentos que actuam na água e por sua vez, a água fica mais turva impedindo a penetração da luz solar. A deposição das partículas finas pode ser influenciada pela variação da densidade do fluído, em que os sedimentos finos por ter cargas negativas criam forças electropositivas entre as partículas devido a salinidade, de modo que haja aumento da densidade das partículas para vencer as forças que actuam sobre o fluído.

A temperatura e a salinidade são inversamente proposicionais influenciando no aumento ou diminuição da densidade da coluna de água, esta densidade aumenta devido ao aumento da salinidade fazendo com que a as forças de em puxo sejam maiores reduzindo a velocidade de sedimentação (Costa, 2011).

2.3. Efeito da salinidade na deposição de sedimentos

A água salgada apresenta iões electropositivos fortes (Na⁺), de modo que vai aumentar a coesão entre partículas devido ao predomínio das forças atractivas (Ramos,2013). A floculação de sedimentos surge como consequência da junção de partículas quando elas se aproximam umas das outras. Os processos essenciais para a floculação são a colisão e a coesão entre as partículas (Mehta, 1984).

Costa (2011), verificou que a velocidade de sedimentação ao longo da coluna de água diminui ligeiramente com o aumento da salinidade, e aumenta de forma mais significativa com o aumento da temperatura. Quando há aumento da temperatura de 20°C, quando a salinidade aumenta de 0 a 35

ppt, a velocidade da queda de sedimentos diminui cerca de 2%. Por outro lado, para uma salinidade de 30 ppt, um aumento de 15°C na temperatura, provoca um aumento de cerca de 50% na velocidade de queda.

2.4.Velocidade de sedimentação

A velocidade de sedimentação é um parâmetro importante na determinação do transporte e deposição de sedimentos. Para sedimentos agregados, a velocidade de sedimentação é relacionado a concentração de sedimentos (Dyer, 1995). Pode corresponder à sedimentação livre, sedimentação devido a floculação das partículas ou à sedimentação limitada pela interação entre partículas, devido a elevadas concentrações, (Ramos,2013). Para a estimativa da velocidade de queda em ambientes costeiros e estuarinos existem diversas formulações empíricas, que resultam de resultados obtidos no campo ou em ensaios laboratoriais, (Mendes,2011).

A velocidade de queda de uma partícula no seio de um fluido depende das forças gravitacionais que por sua vez dependem da densidade de cada partícula individual ou do volume de água intersticial existente nos flocos formados por estas e do atrito provocado pelo movimento de deposição que depende da forma do floco e do número de Reynolds do escoamento em torno do floco durante a deposição (Cancino & Neves, 1999)

2.5.Lei de Stoke

A velocidade sedimentação de partículas finas usada pela lei do Stoke é valido para fluido laminar, e é definido como uma condição onde as partículas do fluído se movem em caminhos suaves em formas de lâminas ou linear, (Segundo Dias,2004). Esta lei aplica-se em partículas de diâmetro variando entre 0,0002mm á 0,2mm, são rígidas e a esféricas e sua queda não é impedida por outra partículas e depositam-se de forma não agregado (Mauricio,1998).

III. Metodologia

3.1.Materiais usados

- Balança de precisão para medir a quantidade de sedimentos,
- Taras para pôr as amostras,
- Seringa
- Tigela para retirar a matéria orgânica após da reacção para cada amostra,
- Peneira de 38µm para separação de sedimentos,
- Estufa para a secagem da amostras,

- Provetas de 1000ml com altura de 50cm e diâmetros 6cm, para a sedimentação em diferentes níveis de salinidade,
- Termómetro para medir a temperatura da água de modo a determinar a profundidade estimada para colheita da amostra de na coluna de água,
- Pipetagem que a capacidade de retirar 25ml que contém sedimentos,
- Cronómetro para controlar o tempo estimado,
- Salinómetro para estimar o nível de salinidade na coluna de água e vinte copos para pôr a quantidade de sedimento colhida.

3.2. Colecta e análise de dados

As amostras de sedimentos foram colhidas no estuário dos Bons Sinais no bairro do Chuabo Dembe na cidade de Quelimane. O trabalho foi realizado no laboratório de sedimentologia do Departamento de Geologia na Faculdade de Ciências da Universidade Eduardo Mondlane em Maputo. As amostras de sedimentos colectados no estuário foram colocados numa estufa á temperatura de 40°C durante 24h e após da secagem para cada amostra foi medido 20g para as respectivas análises.

3.3. Retirada de matéria orgânica

Para neutralização de carbonatos adicionou-se ácido clorídrico (3% colocada em 120ml) e matéria orgânica adicionou-se peróxido de hidrogénio (6% colocada em 120ml) cada amostra de 20g durante 24h. Os carbonatos e matéria orgânica depois da reacção química, ficam suspensos e a sua remoção foi feita com uma seringa e para que não haja uma perturbação entre os dois elementos e a parte sólida foi colocada de novo na estufa durante 24h com uma temperatura de 60°C para secagem do material após a pesagem, quantificar a matéria retirada através da equação (3).

$$P_t = P_f - P_i \quad (3)$$

Onde:

P_t-é peso total de sedimentos sem a matéria orgânica;

P_f- é o peso de sedimentos com a matéria orgânica;

P_i-é peso da matéria orgânica.

3.4. Granulometria

Depois de eliminar a matéria orgânica, usou-se água destilada e uma malha de 38µm para separação dos sedimentos coesos e não coesos e os sedimentos coesos foram colocados nas provetas e para sedimento não coesos foram colocados nas taras para fazer a secagem de modo a determinar a quantidade contida para cada amostra.

3.5. Diferença de nível de salinidade

Para obter as diferenças do nível de salinidade (5ppt, 15ppt, 25ppt, 35ppt) na coluna de sedimentação foi usada o sal dissolvido para cada proveta. O sal usado, foi o sal marinho que foi previamente dissolvido com a água destilada uma vez que a água destilada tem uma concentração de sais igual a zero para que se obtenha diferentes níveis de salinidade.

Após granulometria, os sedimentos não coesos foram colocados na estufa para secar e foram pesados para fazer a diferença dos sedimentos coesos contidos nas provetas. Para cada proveta foram encontradas diferentes quantidades (4,5,5,6) gramas de sedimentos coesos, e foi colocada 20ml de dispersante para cada coluna de água para que as partículas não se agreguem, permitindo com que os sedimentos depositem de forma individual, pois a salinidade acelera o processo de floculação.

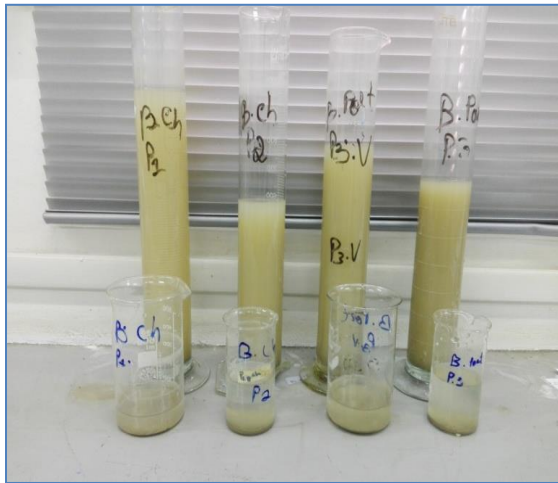
3.6. Ensaio da sedimentação

As provetas foram agitadas durante o período de 3 minutos para que as partículas ficassem soltas no líquido que continha o dispersante, e foi controlado com cronômetro até que a água fica-se transparente para cada coluna de sedimentação, como ilustra a figura 2.

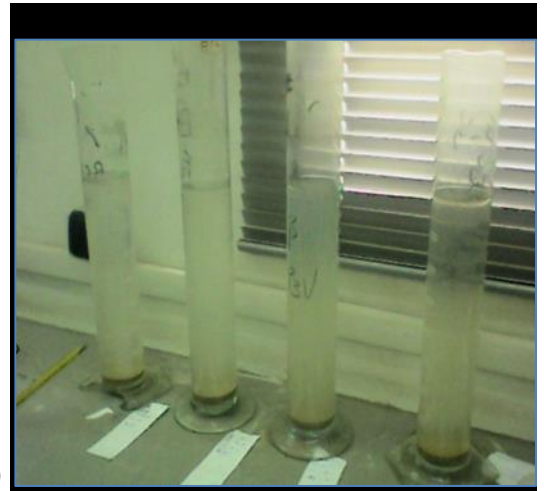
Na base da primeira medição, foi possível fazer a segunda medição para cada grão de sedimentos através dos valores obtidos pela lei do stock na água sem sal, para estimar o tempo necessário para a sedimentação de cada partícula onde contém a salinidade.

A sedimentação das partículas, foi feita durante 24h onde na primeira sedimentação na coluna foi de silte por ter maior diâmetro no intervalo de 1h, após 8h as provetas foram agitadas no período de 3 minutos para fazer a última medição da argila como tempo estimado. Para fazer as colheitas, foi necessário medir a temperatura de modo a conhecer em que profundidade será colhida para a segunda sedimentação.

As amostras foram colhidas nas provetas durante o período da sedimentação e colocados nos copos e, em seguida, os copos foram colocados numa estufa a uma temperatura de 40°C durante 24h para a retirada da humidade.



A)



B)

Figura 2. Coluna de sedimentação em diferentes níveis de salinidade: A (antes da sedimentação); B (após da sedimentação).

Após a retirada da humidade, os copos foram pesados numa balança para determinar a quantidade de sedimentos existentes nos copos, também foi retirada a quantidade de dispersante 0,046g e da água contida 40ml no qual apenas ficou a quantidade de sedimento em gramas.

3.7.O método de pipetagem

Neste método, determina-se a quantidade de material fino existente em fracções dimensionais previamente estabelecidas, tirando proveito das velocidades de sedimentação de cada uma dessas fracções, retirando na proveta por pipetagem. Para tal, é necessário pipetar na proveta á uma profundidade tal que proveta garanta que, à esse nível, não existam já partículas maiores do que às da fracção pretendida, por já estarem em sedimentação à níveis mais profundos. Tal processo é conseguido aplicando a Lei de Stokes.

Estas são constituídas por um recipiente superior, rigorosamente graduado (em geral aferido para recolhas de 25ml), ligado à uma rolha especial de vidro, com dois orifícios, os quais permitem a ligação do recipiente quer a um tubo de vidro mergulhado na proveta, quer ao tubo de saída. O tubo de vidro é mergulhado na proveta que contém o sedimento até que a extremidade se localize à uma profundidade pré-determinada, que é função das maiores dimensões da fracção granulométrica que se pretende amostrar. Nesta situação, procede-se á aspiração de uma proveta com o volume desejado. Após a colheita, rodando a rolha especial, recolhe-se essa proveta numa cápsula pré-pesada.

Cada cápsula é posteriormente introduzida em estufa à baixa temperatura até completar a evaporação da água e cuidadosamente pesada. A diferença de pesos entre a cápsula vazia (pré-pesada) e com material, fornece directamente o peso dessa fracção. Como as características da água

variam com a temperatura, as profundidades de colheita são, também, função da temperatura do fluido, pelo que a análise só deve ser efectuada quando essa temperatura estiver estabilizada, e deve-se garantir que a temperatura ambiente seja invariante como ilustra a tabela 1.

Tabela 1. Determinação da profundidade das amostras colhida com a pipetagem na coluna de água e sua respectiva temperatura.

T (°C)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
h (cm)	20	20.5	21	21.5	22	22.5	23	23.5	24	24.5	25

3.8. Retirada do sal nas cápsulas

Devido a evaporação do líquido nas cápsulas (25ml) e nas provetas (1000ml), os sedimentos continham sal e, para permitir a retirada do mesmo usou-se a equação (4) para retirar o sal presente nas cápsulas a fim de que os dados não sejam viciados (Russell,1981), tal como ilustra a fórmula a baixo:

$$S_r = \frac{S_c * 25ml}{1000ml} \quad \sim \quad A_r = S_r - A_c \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

Ar- amostra sem sal ;Ac - amostra com sal ;Sr -é o sal retirado; e Sc- é o sal contido.

3.9. Velocidade de sedimentação

A dedução da Lei de Stokes mostra que a velocidade (V) de uma partícula em sedimentação através de um fluido é directamente proporcional à aceleração da gravidade (g), à diferença entre a densidade de partículas e a densidade do fluido ($\rho_s - \rho_f$) e ao quadrado do efectivo diâmetro das partículas (d^2). Como velocidade é igual à distância (h) dividida pelo tempo (t), pode-se escrever a Lei de Stokes da seguinte maneira:

$$v = \frac{h}{t} = \frac{d^2 g (\rho_s - \rho_f)}{18\mu}. \text{Equação (1)}$$

Onde:

v=velocidade de deposição (mm/s)

g = aceleração da gravidade = 9,81 newtons por quilograma (9,81 N kg⁻¹)

μ = Viscosidade da água a 20 °C = 0,001 newton-segundos por m² (10³ Ns m⁻²)

ρ_s = Densidade das partículas sólidas, para muitos solos = 2,65.10³ kg m⁻³

ρ_f = Densidade do fluido (água) = 1,0.10³ kg m⁻³

Na Substituição dos valores na equação, podemos ver de note que $V = kd^2$ é a fórmula simplificada para a Lei de Stokes na qual k representa a constante relacionada à aceleração da gravidade e à natureza do líquido:

$$k = \frac{9.10^5}{sm}; t = \frac{h}{kd^2} . \text{Equação (2)}$$

Onde:

h = altura; d = diâmetro da partícula; t = tempo; k = constante da aceleração.

Uma experiência feita pela lei de Stokes após a dedução da fórmula: Considerando uma amostra de solo em suspensão em um recipiente com 0,1m de profundidade para calcular o tempo de sedimentação necessário para que haja apenas partículas de argilas em suspensão.

Estabelecendo-se: $h=0,1m$ e $d=2.10^{-6}m$

Colocando as evidências: $\frac{h}{t} = d^2k \Rightarrow \frac{t}{h} = \frac{1}{d^2k} \Rightarrow t = \frac{h}{d^2k}$

$$t = \frac{0,1m}{(2.10^{-6}m)^2.9.10^5s^{-1}m^{-1}} = 27,777s = 7,72horas$$

Em fim para cálculo de velocidade de sedimentação para cada tamanho das partículas foi usado a seguinte fórmula da equação (5) e para o cálculo da quantidade de sedimentação foi usado a fórmula da equação(6), (Russell,1981).

$$W = \frac{h}{\Delta t} ; \quad \text{Equação (5)}$$

$$Q_d = (Q_{inicial} - Q_{final})V ; \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

w é a velocidade de sedimentação; $Q_{inicial}$ é quantidade inicial; Q_{final} é quantidade final; Δt é a variação do tempo, V é volume da coluna.

IV. Resultados

Os resultados são apresentados em forma de tabelas e gráficos, no gráfico apresenta variação do nível de salinidade em função de velocidade de sedimentação de quantidade de sedimentos e nas tabelas apresenta a variação do diâmetro dos sedimentos finos na sua sedimentação em função do tempo, velocidade, e o nível de salinidade.

Tabela 2 Ilustra valores de matéria orgânica eliminada e areia fina, para que não influencie na sedimentação de argila e silte.

N de amostra	Amostras (g)	Carbonatos (g)	MO (g)	Massa (argila e silte) (g)	Massa (areia fina) (g)
P1	20,14	1,091	0,47	4	14,629
P2	20,186	0,743	0,948	5	13,495
P3	20,049	0,383	0,6	5	13,066
P4	20,076	0,801	0,544	6	12,272

Na tabela2, apresentam-se os valores de quantidade de argila e silte para análise de sedimentação e parte da matéria orgânica, carbonato, onde areia muito fina foi excluída para não influenciar na análise da sedimentação.

Tabela 3. Ilustra valores de sedimentos (silte e argila) em diferentes níveis de salinidade no tempo total depositado.

Salinidade (ppt)	Massa de sedimentos (g)	Volume de água	Tempo (s)	Profundidade (mm)
5	4	1Litro	57.600	225
15	5		32.400	225
25	5		25.200	225
35	6		18.360	225

A tabela 3, apresenta os valores da quantidade de sedimentos depositados em diferentes níveis de salinidade com o mesmo tamanho da coluna de água, onde a salinidade de 5ppts que continha uma quantidade de sedimentos de 4g foi depositado no intervalo de tempo de 57.600s, para 15ppt e 25ppt a mesma quantidade 5g foi de 32.400s e 25.200s, e para 35ppt observou-se que numa quantidade de sedimento de 6g foi depositado no intervalo de tempo 18.360s.

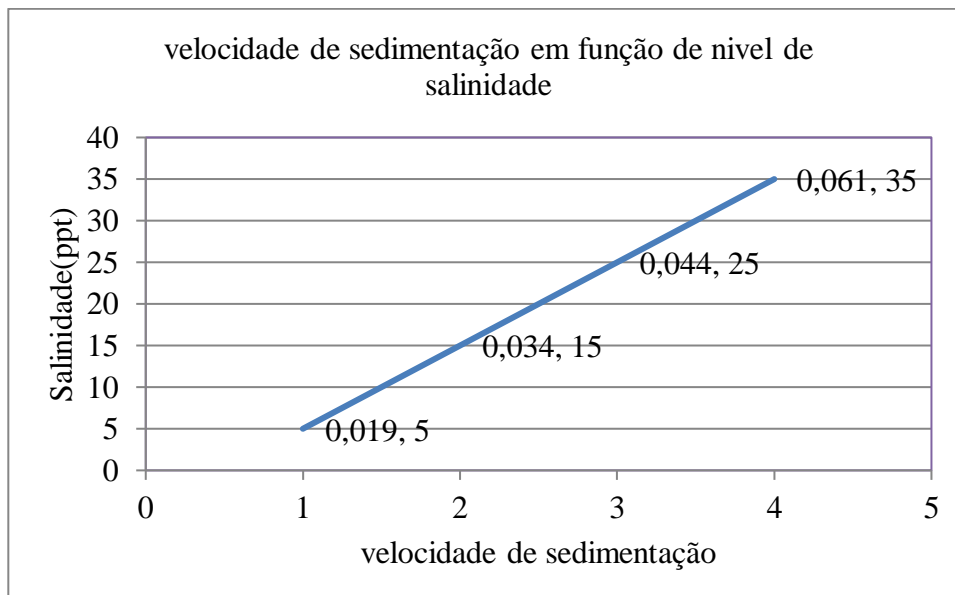


Figura 3. Variação da velocidade em função do nível da salinidade.

A figura 3, apresenta a variação da velocidade média em função do nível da salinidade dos sedimentos onde a velocidade mínima foi de 0,019mm/s no nível de salinidade de 5ppt e, a maior velocidade média foi de 0.061mm/s no nível de salinidade 35ppt.

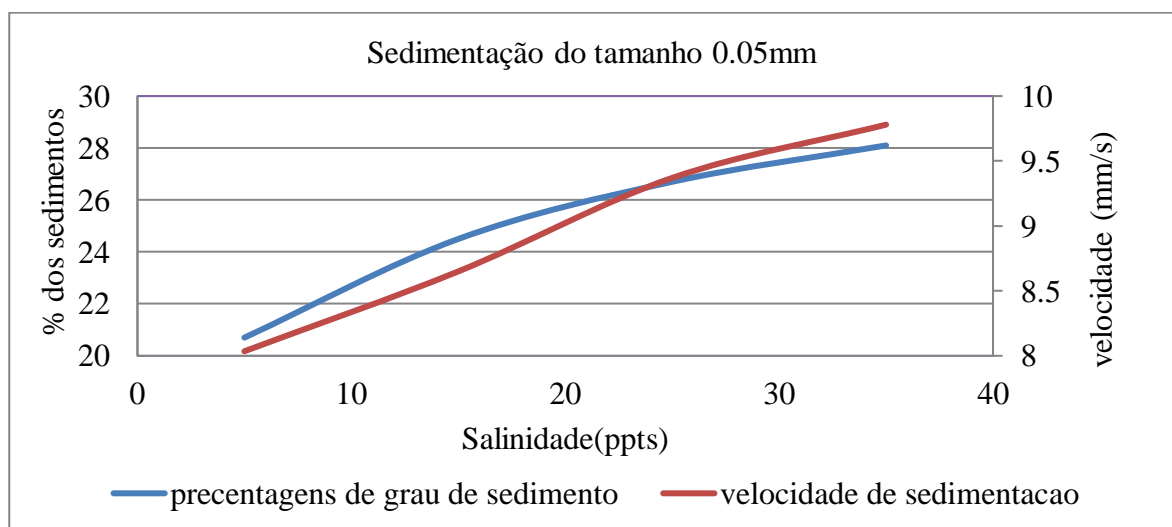


Figura 4. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.05mm.

A figura 4, apresenta os valores de grão de sedimento em percentagens, depositado na variação do nível de salinidade em função da velocidade de sedimentação. No nível de salinidade de 5ppt, para tamanho de 0,05mm foi depositado 20.7% com uma velocidade de 8.035mm/s comparativamente o nível de salinidade de 35ppt foi depositado cerca de 28.1% do com uma velocidade de 9.78mm/s.

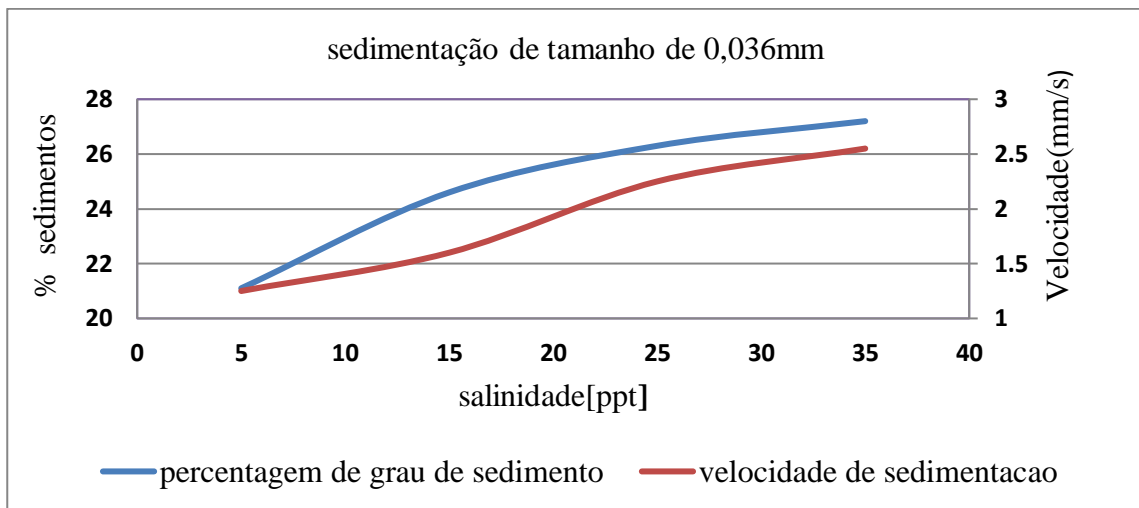


Figura 5. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.036mm.

A figura 5, apresenta os valores de grão de sedimento em percentagens, depositado na variação do nível de salinidade em função da velocidade de sedimentação. No nível de salinidade de 5ppt, para tamanho de 0,032mm/s foi depositado 21.1% com uma velocidade de 1.25mm/s, comparativamente o nível de salinidade de 35ppt foi depositado cerca de 27.2% do com uma velocidade de 2.55mm/s.

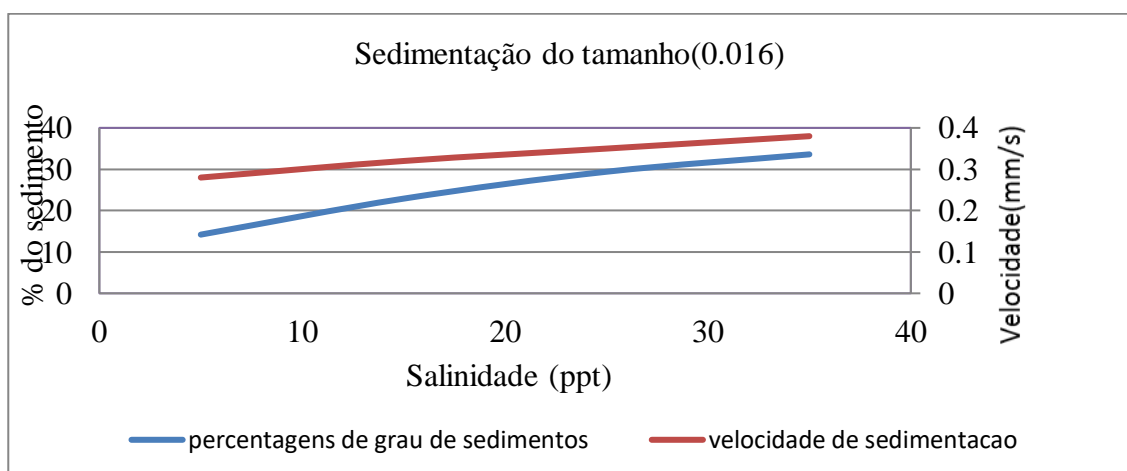


Figura 6. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.016mm.

A figura 6, apresenta os valores de grão de sedimento em percentagens, depositado na variação do nível de salinidade em função da velocidade de sedimentação. No nível de salinidade de 5ppt, para tamanho de 0,016 foi depositado 14.2% com uma velocidade de 0.32mm/s, comparativamente o nível de salinidade de 35ppt foi depositado cerca de 33.6% do com uma velocidade de 0.38mm/s.

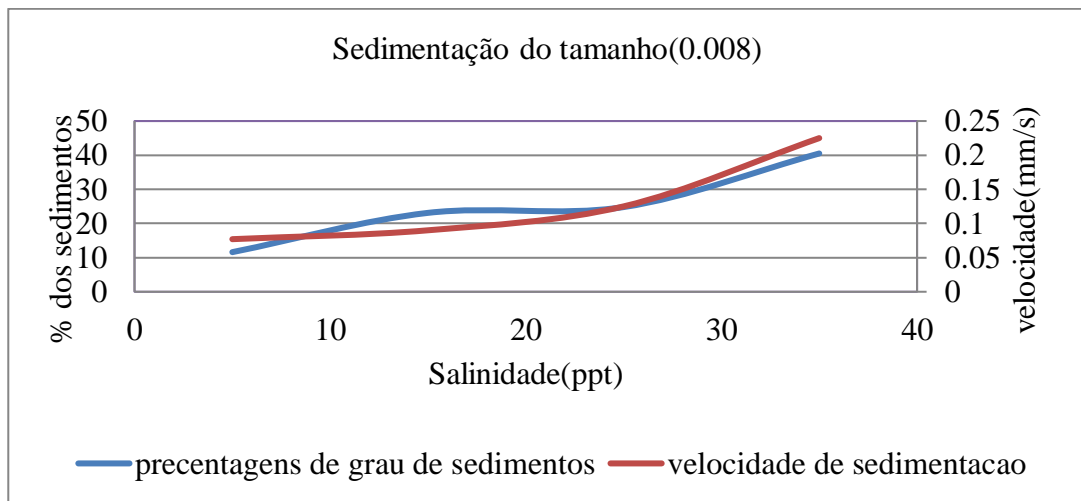


Figura 7. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.008mm.

A figura 7, apresenta os valores de grão de sedimento em percentagens depositado na variação do nível de salinidade em função da velocidade de sedimentação. No nível de salinidade de 5ppt, para tamanho de 0,008 foi depositado 11.6% com uma velocidade de 0.077mm/s, comparativamente o nível de salinidade de 35ppt foi depositado cerca de 40.5% do com uma velocidade de 0.225mm/s.

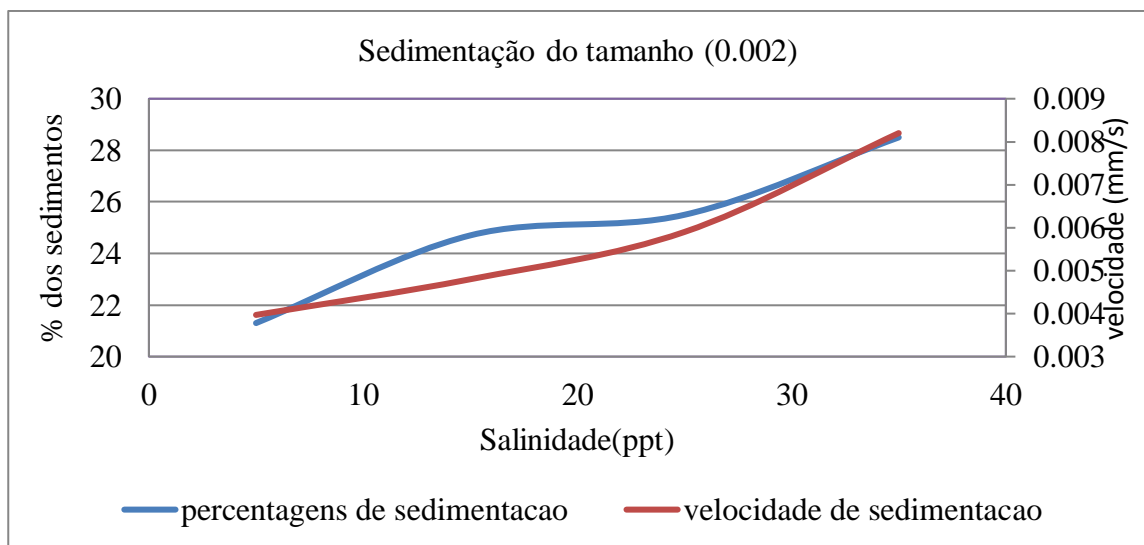


Figura 8. Variação do nível de salinidade em função velocidade de sedimentação e percentagens dos sedimentos depositado do tamanho de 0.002mm.

A figura 8, apresenta os valores de grão de sedimento em percentagens, depositado na variação do nível de salinidade em função da velocidade de sedimentação. No nível de salinidade de 5ppt, para tamanho de 0,002 foi depositado 21.3 % com uma velocidade de 0.00397mm/s, comparativamente o nível de salinidade de 35ppt foi depositado cerca de 28.5% do com uma velocidade de 0.0082mm/s.

V. Discussão

Durante a leitura na interpretação dos gráficos e das tabelas verifica-se que, a velocidade de sedimentação de cada tamanho da partícula era maior com o aumento do nível de salinidade, de facto verificado por (Ramos2013).

De acordo com a tabela 3, a quantidade de sedimentos encontrada nas provetas, onde na primeira proveta, com o nível de salinidade de 5ppt tinha menor quantidade de sedimento e o tempo de deposição foi mais lento em relação ao tempo de deposição que continha maior massa com uma salinidade de 35ppt tenha maior quantidade de sedimento. Os resultados obtidos em níveis de salinidade de 15ppts e 25ppts, continha a mesma quantidade de sedimento de 5g, o tempo de sedimentação foi lento para 15ppts comparativamente a 25ppts.

Entretanto, os valores apresentados na quantificação dos sedimentos para cada diâmetro nos diferentes níveis de salinidade na sedimentação, verificou-se que a quantidade de sedimento depositado com a variação do tempo estimado era mais rápida com o aumento do nível de salinidade.

E, para os resultados dos gráficos, a velocidade de sedimentação para cada diâmetro da partícula em diferente densidade devido o acréscimo de concentrações de sal, a velocidade da partícula aumentava com o nível da salinidade comparando com os valores obtido pela lei do Stoke na água sem concentração de sal (Dessouky & Ettouney, 2002).

Tabela4. Comparação de velocidade de sedimentação feita por lei de Stock (0,008mm), Ramos (2013), e resultado obtido no laboratório (0,008mm).

Ensaio	L.Stoke (mm/s)	Ramos (2013) (mm/s)	Laboratório (mm/s)
2	0,076	0,187	0.077
3	0,073	0,259	0.09
4	0,069	0,274	0.125
5	0,068	0,296	0.225

A tabela 4, apresenta os valores obtidos na velocidade de sedimentação dos grãos de sedimentos em diferentes níveis de salinidade, em que velocidade sedimentação aumentava com aumento com o nível de salinidade, de facto foi verificado por (Ramos, 2013) deve-se ao comportamento químico (presente na interação entre os iões de minera argilosos e os iões de sólido) e biológicos (na

presentes de elevados de matéria orgânicas) em que influenciou no processo da floculação. E para os valores encontrado no laboratório foi devido ao comportamento químico, em que os sedimentos contêm maiores cargas iônicas na sua composição dos sedimentos finos (Portela & Reis, 2001), por isso são neutralizados através das concentrações de sais por ter maiores cargas positivas fortes de modo que a densidade da água existente no fluido seja vencida e na água que contem baixa salinidade tenha maior concentração de cargas negativas nisso, a velocidade de sedimentação é menor devido os sedimentos coesivos que também apresentam maior concentração de cargas negativas de modo que não se observe a neutralização entre eles. Para a lei de Stock, os valores obtido na sedimentação do grão de sedimento de apenas considerou-se o comportamento físico (Dessouky & Ettouney, 2002).

A percentagem dos sedimentos para cada diâmetro depositado em níveis de salinidade diferente em relação a velocidade de sedimentação foi menor para o nível de salinidade 5ppt e a velocidade de sedimentação foi maior para o nível de salinidade 35ppt. No nível de salinidade (15ppt e 25ppt) verificou-se que a percentagem dos sedimentos aumentou cerca de 2% para tamanhos de (0.05mm, 0.032mm, 0.008mm, 0.002mm,) com um aumento de velocidade de sedimentação comparativamente ao tamanho de 0.016mm que foi de 8% de percentagem de sedimentos depositados devido maior concentração sedimentos de cargas negativas que foi neutralizado (Rijn,1993) a parte de 15ppts ate 35ppts.

VI. Considerações finais

- O tempo de sedimentação de quantidade de sedimentos depositado para o nível de salinidade 5ppt com uma quantidade de 4g foi de 57600s e para o nível de salinidade 35ppt com uma foi 6g de 18360s.
- E para todos tamanhos que apresentou maior ou menor percentagem de deposição foi de 0.008mm com uma velocidade de sedimentação 0,0077mm/s no nível de salinidade de 5ppt com uma percentagem de 11.6% e para o mesmo tamanho foi 225mm/s no nível de salinidade 35ppt de uma percentagem de deposição de grãos de sedimentos 40.5%.

VII. Recomendações

- Recomendo que nos próximos estudos relacionados ao tema, que se use outros métodos envolvendo outro tipo de sedimentos;
- Que se faça uma comparação entre os resultados obtidos no laboratório e os de outros modelos.

VIII. Referência bibliográfica

- I. Cancino, L., NEVES, R., 1999, Hydrodynamic and sediment suspension modelling in estuarine systems, Part I: Description of the numerical models, *Journal of Marine Systems*, 22, pp. 105-116
- II. Carlos André Bulhões Mendes (2011) “A dinâmica da salinidade como uma ferramenta para a gestão integrada de recursos hídricos na zona costeira”. , *Journal of Marine Systems*, 12, pp.15
- III. Costa, S. (2011;). Concentração da matéria particulada em suspensão na estimativa da velocidade de queda de sedimentos coesivos. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, p.15.
- IV. Custodio, a. l. (2016). Deposição e Erosão de Sedimentos Finos .lisboa.p.32.
- V. Dyer, K.R. 1995. Sediment transport processes in estuaries. In: *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*, G.M.E. Perillo (ed.). *Developments in Sedimentology*, 53. Elsevier Science, 423-449 p.
- VI. El-Dessouky, & Ettouney, (2002). *Fundamentals of Salt Water Desalination*. Elsevier, Amsterdam.
- VII. Erico, S., & Perekouski, K. (2003). colóide dos solos. *journal karina perekouski albuquerque*, pp.15
- VIII. Gibbs R.J. 1977. Transport phases of transition metals in the Amazon and Yukon Rivers. *Geological Society of America Bulletin*,
- IX. Leonardo A,S, Santos (2012) ‘Modelagem numérica da dinâmica do sistema estuarino’ Caravelas – Peruípe.
- X. Mazuque, & Ramos. (2009). RESSUSPENSÃO DE SEDIMENTOS COESIVOS.
- XI. Ribeiro, F. A. (2014). Estudo Laboratorial de Sedimentos Coesivos da Ria de Aveiro.
- XII. Portela, l. i., & Reis, M. M. (2001). Mecanismos de transporte de sedimentos coesivos em estuários. *portugual*.
- XIII. Van Rijn, L. (1993), “Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas”, Aqua Publications, The Netherlands.
- XIV. Mehta, A. (1984), “Estuarine Cohesive Sediment Dynamics”. Springer-Verlag, Berlin.
- XV. Susana S,C,Ramos (2013), “Efeito da salinidade sobre a velocidade de queda de sedimentos finos de uma bacia portuária” , Técnico lisboa
- XVI. Russell, j.b(1981). *Química Geral* São Paulo, Editora McGraw-Hill do Brasil.

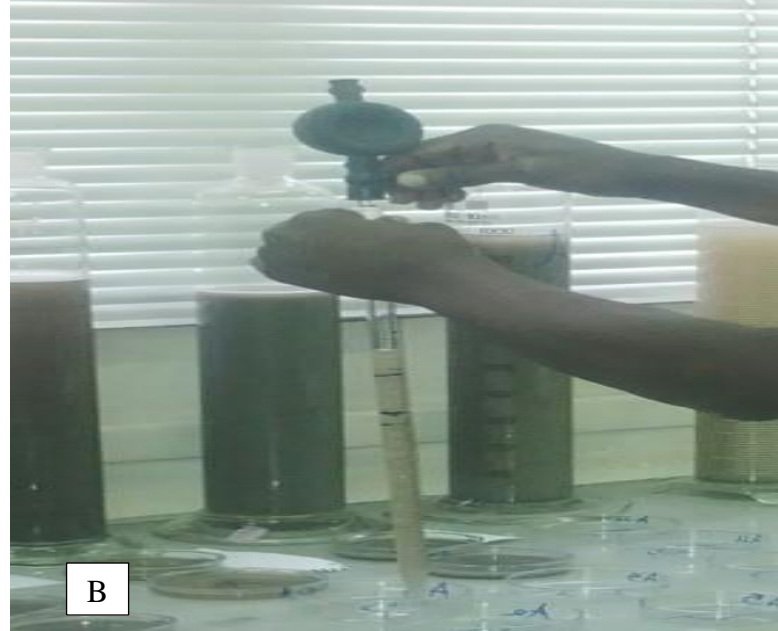
Anexo

	Diametro da partícula (mm)	Tempo estimado (s)	Velocidade (mm/s)	Altura (mm)	Nível de salinidade (ppts)
Ensaio 1	0.05	28	8.035714	225	5.035
	0.036	180	1.25	225	
	0.016	780	0.288462	225	
	0.008	2900	0.077586	225	
	0.002	56600	0.003975	225	
Ensaio 2	0.05	26	8.653846	225	15.07
	0.036	140	1.607143	225	
	0.016	700	0.321429	225	
	0.008	2300	0.097826	225	
	0.002	46600	0.004828	225	
Ensaio 3	0.05	24	9.375	225	25.012
	0.036	100	2.25	225	
	0.016	640	0.351563	225	
	0.008	1800	0.125	225	
	0.002	37600	0.005984	225	
Ensaio 4	0.05	23	9.782609	225	35.2
	0.036	88	2.556818	225	
	0.016	590	0.381356	225	
	0.008	1000	0.225	225	
	0.002	27400	0.008212	225	

Ensaio	Tara	T+ams	Amostra	Sal	Sal-amostra	Liquido	grama
1	20.465	20.661	0.196	0.153	0.03	40	1.223
	20.625	20.737	0.111	0.153	0.017	40	0.682
	20.413	20.479	0.065	0.153	0.01	40	0.42
	21.712	21.745	0.032	0.153	0.005	40	0.22
	20.360	20.688	0.327	0.153	0.05005	40	2.002
2	25.268	25.346	0.077	0.46	0.0355	40	1.42
	48.953	48.996	0.0429	0.46	0.01975	40	0.79
	23.316	23.351	0.0347	0.46	0.016	40	0.64
	21.723	21.745	0.0217	0.46	0.01	40	0.4
	20.568	20.695	0.126	0.46	0.05805	40	2.322
3	23.158	23.216	0.057	0.673	0.03875	40	1.55
	20.543	20.575	0.031	0.673	0.02125	40	0.85
	21.735	21.766	0.030	0.673	0.02075	40	0.83
	21.9750	21.991	0.015	0.673	0.01075	40	0.43
	21.6748	22	0.089	0.673	0.06	40	2.4
4	46.320	46.368	0.047	0.864	0.04075	40	1.63
	26.234	26	0.026	0.864	0.0225	40	0.9
	49.527	49.555	0.0274	0.864	0.02375	40	0.95
	24.145	24	0.020	0.864	0.0175	40	0.7
	50.136	50.214	0.077	0.864	0.067	40	2.68



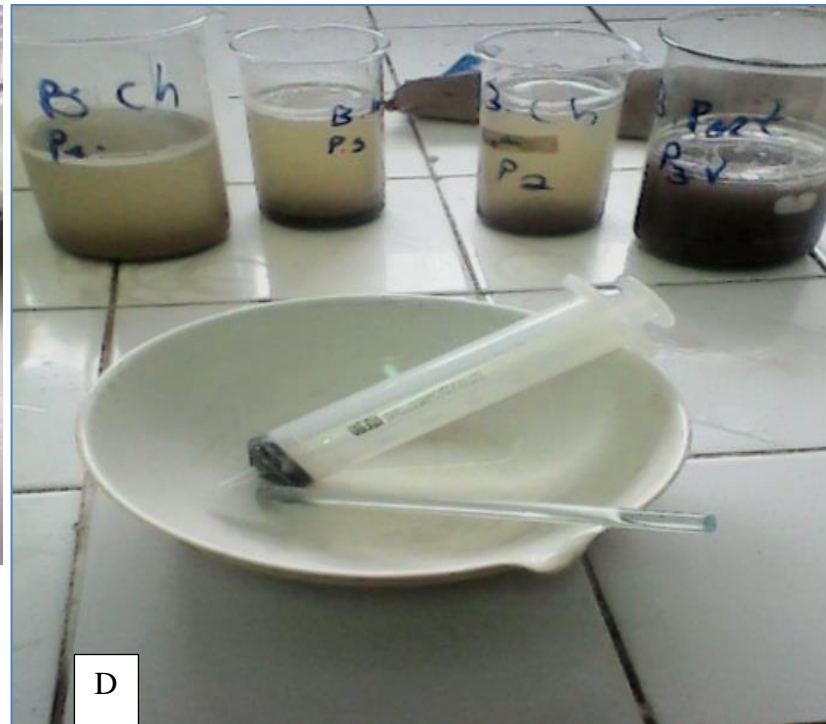
A



B



C



D



E



F